

УДК 621.317.785

В.М. Ванько, П.Г. СтолярчукНаціональний університет “Львівська політехніка”,
кафедра “Метрологія, стандартизація та сертифікація”

КОНЦЕПЦІЯ ПОБУДОВИ ІВС КОНТРОЛЮ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЯКОСТІ ТА ФУНКЦІОНАЛЬНОГО СТАНУ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ

© Ванько В.М., Столярчук П.Г., 2002

На основі актуальних завдань забезпечення всіх стадій виробництва та розподілу електроенергії запропоновано нові підходи до реалізації ІВС контролю необхідних параметрів якості і функціонального стану основних об'єктів промислової та побутової електричних мереж.

On the basis of the displayed line of urgent problems of maintenance of all stages of manufacture and distribution of the electric power the new approaches for construction of information measuring monitoring systems of necessary parameters of quality and functional condition of the basic objects of industrial and household electrical networks are offered.

Внаслідок невинного зростання споживання електричної енергії у різних галузях господарського комплексу України все більшого значення набувають необхідність раціонального використання наявного виробничого потенціалу підприємств-продуцентів електроенергії та зменшення її питомої частки у вироблених товарах і послугах.

Одним з найважливіших методів вирішення вказаних проблем є розвиток та вдосконалення автоматизованих систем керування (АСК) процесами виробництва і транспортування електроенергії. Такі системи являють собою поєднання організаційних підсистем, що призначені для керування технологічними процесами на енергооб'єктах, та інформаційно-вимірювальних систем (ІВС), котрі забезпечують інформаційну підтримку всіх стадій енергетичного виробництва. На ІВС покладаються такі завдання:

- контроль і облік потоків електроенергії між енергооб'єктами та у споживачів;
- вимірювання і контроль показників якості електроенергії під час її виготовлення,
- перетворення та розподілу;
- інформаційне забезпечення систем регулювання та стабілізації фазних (лінійних)
- напруг і частоти в три- та однофазних електричних мережах;
- відстеження функціонального стану основних об'єктів енергосистеми;
- первинний аналіз отриманої інформації, її опрацювання та підготовка комплексу

рекомендацій щодо того, які дії чи операції має виконати диспетчер в тій чи іншій ситуації в енергосистемі.

Відомі ІВС контролю показників якості електроенергії та інших параметрів функціонального стану енергооб'єктів (ІВС ЯФМ) будувались раніше здебільшого методом простого агрегативного накопичення первинних вимірювальних перетворювачів та блоків збирання і опрацювання цифрової інформації з різними ступенями ієрархії, об'єднаних, як правило, в локальну комп'ютерну мережу. Поступове покращання швидкісних і функціональних параметрів персональних комп'ютерів (ПК) поряд з постійним зменшенням їх ціни дає змогу створювати порівняно недорогі ІВС ЯФМ для АСК енергосистеми з

хорошими метрологічними, технологічними і сервісними характеристиками. Цьому також сприяє наявність та постійний розвиток спеціалізованого програмного забезпечення, до складу якого входять, крім стандартних засобів (базові системи ПК, компілятори для програмних мов високого рівня (ТурбоСі, ТурбоПаскаль тощо) ще й пакети прикладних програм, призначених для виконання функцій вимірювання, контролю і аналізу отриманої інформації та формування керуючих сигналів для виконавчих вузлів і механізмів, котрі разом з ІВС ЯФМ входять до складу АСК енергосистеми.

Однак одержання остаточного результату необхідних обчислень вимірюваних параметрів та інтелектуальне опрацювання отриманих даних можливі лише у відповідних блоках ІВС ЯФМ, які належать до вищих ступенів її ієрархії. Крім цього, АСК, оснащена такою ІВС ЯФМ, позбавлена гнучкості, оскільки гарантує відповідну реакцію у вигляді зміни структури контролю певного енергооб'єкта лише після підключення додаткових контрольних вузлів чи схем, що призводить до невиправданого нагромадження обладнання. Отже, відповідна реакція АСК керування продукуванням чи розподілом електроенергії на певну подію (зміна або коливання значень контрольованого параметра або сукупності параметрів) чи аварію (непередбачене відхилення значень параметрів) виникає лише після того, як її послідовно відпрацюють всі ланки ІВС ЯФМ, що свідчить про незадовільні динамічні властивості останньої. Крім цього, в такому разі також маємо обмежені властивості щодо відпрацювання ІВС ЯФМ на різноманітні штатні та непередбачені ситуації в промисловій електромережі, оскільки тут здатність системи визначається не тільки ефективністю та інтелектуальним рівнем її програмного забезпечення, але й інерційністю відповідних складових вузлів АСК.

Отже, для відомих ІВС ЯФМ характерні надмірне накопичення вимірювального, контрольного та виконавчого обладнання, відсутність двосторонньої взаємодії між апаратурою різних рівнів ієрархії та невиправдано великий час для прийняття необхідного оперативного рішення з метою забезпечення нормальної роботи енергосистеми.

Завдяки розвитку нових технологій та розробленню перспективних обчислювальних засобів мікроелектроніки, а саме – однокристальних мікроконтролерів, які містять в собі АЦП та мікропроцесор для опрацювання цифрової інформації, виникли нові можливості для модернізації структури ІВС ЯФМ не лише для покращання технічних характеристик, але й для зміни інтелектуального статусу певних її вузлів. Такі спеціалізовані аналого-цифрові процесори (АЦПР) реалізуються на основі широковідомої структури MCS^{®51}, наприклад, фірм ANALOG DEVICES, INTEL, PHILIPS, ATMEL, або з використанням перспективної з низьким споживанням RISC-подібної організації контролера, наприклад, фірм MICROCHIP чи ATMEL.

Застосування нових перспективних АЦПР в структурі ІВС ЯФМ дає змогу надати їй нових функціональних, інтелектуальних і сервісних можливостей. Така ІВС ЯФМ зображена на рис. 1 і складається з n комплексів узгоджених вимірювальних каналів УВК₁...УВК _{n} , котрі представляють перший та другий ієрархічні рівні системи, головної об'єднуючої підсистеми третього рівня ГОПС та комплексу виконавчих і регулівних схем та елементів ВРС [1,с 2]. Структурно кожен УВК містить k первинних вимірювальних перетворювачів ПВП₁ ... ПВП _{k} (перший ієрархічний рівень) і одну підсистему збору інформації другого рівня ПСЗІ₁ ... ПСЗІ _{n} . УВК можуть відрізнятись між собою та мати різну кількість ПВП, залежно від кількості точок контролю вибраної ділянки енергооб'єкта.

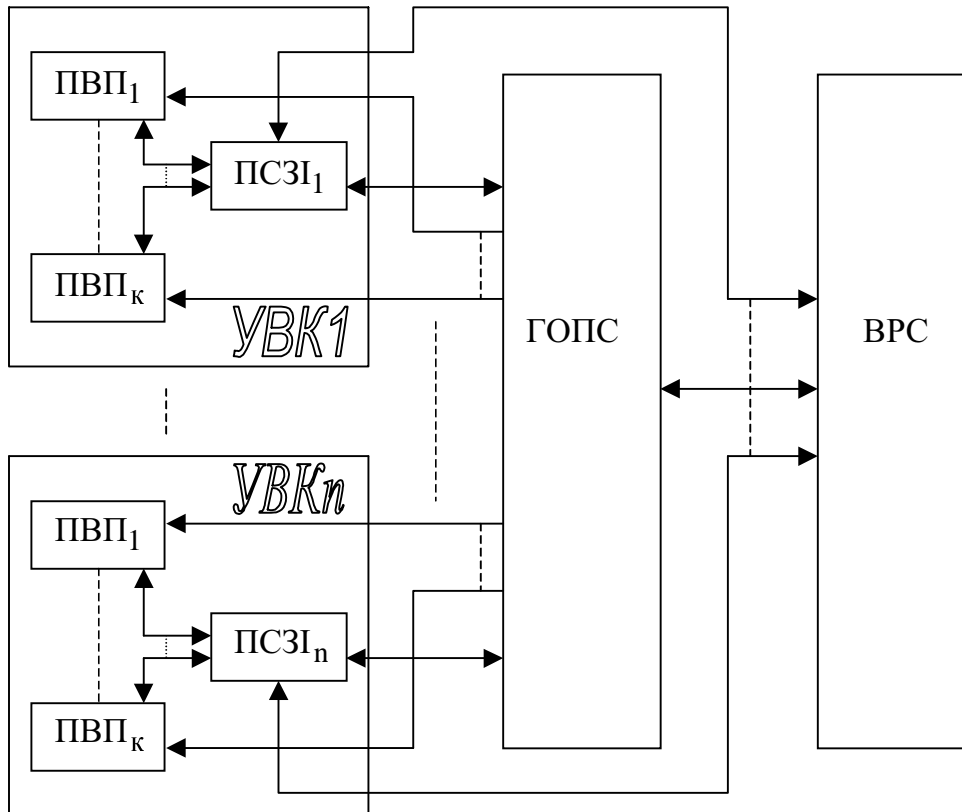


Рис. 1. Структурна схема ІВС контролю показників якості електроенергії та інших параметрів функціонального стану енергосистеми

В окремо взятому ПВП вхідні сигнали перетворюються (як правило, одним трифазним підключенням, що вважається однією точкою контролю, тобто трьох чи чотирьох фазних напруг U_A, U_B, U_C, U_0 і трьох або чотирьох фазних струмів I_A, I_B, I_C, I_0) в цифровий код на базі вищевказаного АЦПР за певним алгоритмом визначення необхідних параметрів електроенергії. Слід відзначити, що, незважаючи на різноманітність АЦПР, що продукуються різними фірмами, важливою ознакою цих ПВП є уніфікованість їх структури (рис. 2), котра містить вхідний перетворювач ВП, АЦПР, пам'ять програм ПП, оперативний запам'ятовуючий пристрій ОЗП, джерело зразкових сигналів ДЗС, схему керування СК та вихідний буфер ВБ [1, 2].

У такому ПВП необхідні параметри електроенергії в одному трифазному підключенні вимірюються за певним алгоритмом, закладеним в ПП. Причому програма цього алгоритму є тільки однією частиною з множини інших алгоритмів, розподілених окремими ділянками в повному об'ємі ПП.

Вибором іншої ділянки ПП змінюється алгоритм обчислення, що означає вимірювання за допомогою ПВП іншого пакета показників якості електроенергії в цій ділянці мережі чи параметрів функціонального стану її вузлів (трансформаторів, вимикачів, регулівних елементів тощо).

Блок ВП містить набір масштабних перетворювачів (МП) напруга – напруга та струм – напруга (в найпростішому варіанті – три- чи чотиринапругових і три- або чотири-струмових МП). Для деяких використань ПВП кількість МП може бути значно більшою тоді, коли виникає необхідність виконувати вимірювання почергово або послідовно в різних точках енергооб'єкта.

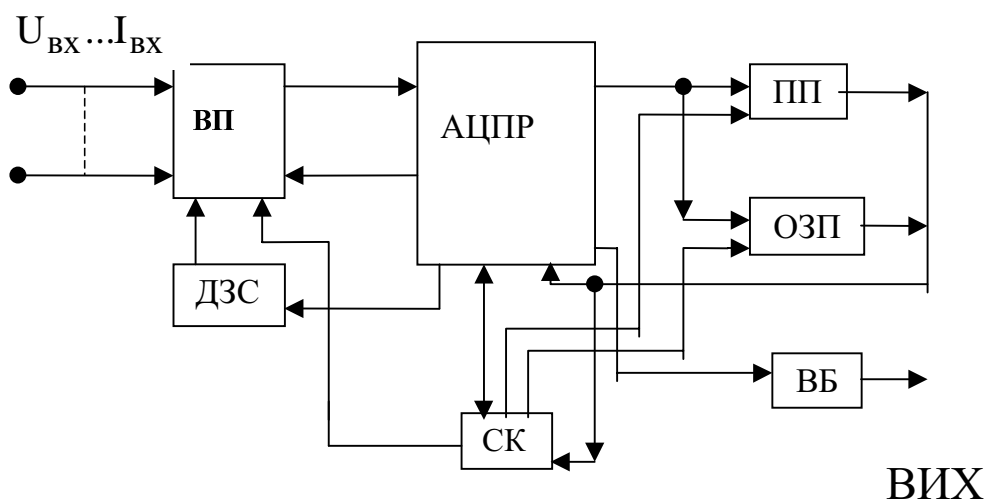


Рис. 2. Структурна схема первинного вимірювального перетворювача

У такому разі за скеруванням з АЦПР, отриманим ззовні з вищого ступеня ієрархії ІВС ЯФМ, вибором певних з набору наявних у блоку ВП масштабних перетворювачів здійснюється дистанційне керування за допомогою того чи іншого ПВП схемою контролю потрібного об'єкта енергосистеми.

Нараховується вісім основних пакетів алгоритмів вимірювання параметрів електроенергії: п'ять – для перетворення і контролю статичних показників якості (повільних коливань інтегральних значень напруг, струмів, активної, реактивної та повної потужностей та частоти, параметрів симетричних складових, кутових співвідношень між векторами напруг і струмів) та три – для відстеження і контролю динамічних показників якості (параметрів перехідних процесів, явищ перенапруг та швидкісних змін та імпульсних спотворень форми сигналів в електромережі) [1, 2, 3].

Крім цього, така структура ПВП дає змогу забезпечити деякі додаткові можливості і функції. Завдяки наявності ДЗС в ПВП здійснюється неперервне калібрування аналогових вимірювальних кіл, тобто ВП, і АЦП, що не тільки підтверджує точність та достовірність результуючої інформації, але й свідчить про надійність функціонування власне цього ПВП. За допомогою блока ОЗП збирається інформація про зміни значень контрольованих параметрів протягом тривалих проміжків часу (до одного-трьох місяців), що дає змогу будувати графіки споживань електроенергії користувачами, виконувати різноманітні статистичні дослідження показників якості електроенергії та параметрів функціонування об'єктів енергосистеми. Здебільшого для аналізу і опрацювання зазначена інформація передається ПВП на другий ступінь ієрархії – в ПСЗІ – з використанням стандартних послідовних інтерфейсів обміну цифровими даними.

Важливими перевагами реалізованих у такий спосіб ПВП є висока швидкодія вимірювань, малі габарити схемної реалізації, що надає широкі можливості для виконання різноманітних їх конструктивних реалізацій, мале споживання та низька собівартість схеми. У кожному УВК отримана інформація від масиву ПВП (їх кількість може сягати шістдесяти чотирьох – ста двадцяти восьми) надходить в одну ПСЗІ. Така ПСЗІ виконує функції низькорівневої ІВС. Обсяг цих функцій досить різноманітний.

Найперше – це завершальне опрацювання отриманих даних, пов'язане із закінченням якогось алгоритму вимірювання одного чи кількох показників якості електроенергії чи

параметрів функціонального стану контрольованого енергооб'єкта. Доцільність цього може бути викликана потребою розвантаження пам'яті програм або необхідністю підвищення швидкодії в структурі ПВП, що досягається ефективним перерозподілом виконання алгоритму обчислення між ПВП і ПСЗІ. Окремо слід наголосити, що структура ПСЗІ може дистанційно формувати відповідні сигнали для зміни пакета алгоритмів вимірювання необхідних параметрів вибором відповідної частини ПП в ПВП. Поряд з цим в ПСЗІ, корегуючи у певний спосіб програму керування роботою ПВП, можна змінювати вхідну схему підключення останнього до контрольованих електричних кіл, трансформуючи таким способом схему дослідження об'єктів енергосистеми. Важливою перевагою цієї ІВС ЯФМ є також можливість гнучкої зміни за командою від ПСЗІ масштабу перетворення вхідних контрольованих сигналів. В ПСЗІ також опрацюється окремо отримана від ПВП інформація про інструментальні, методичні та температурні похибки. Крім цього, в ПСЗІ виконується певний аналіз отриманої інформації за допомогою спеціальної програми, на основі чого формуються відповідні керуючі директиви, погоджені на вищому рівні в ГОПС, як для встановлення необхідних режимів роботи енергооб'єктів та їх основних вузлів, так і рекомендації та керівні дії для систем регулювання і стабілізації параметрів електроенергії (в структурі ВРС). Отже, в ПСЗІ приймаються основні тактичні вирішення, необхідні для нормального функціонування енергосистеми, причому деякі ПСЗІ через посередництво ГОПС можуть керувати конкретно визначеними вузлами ВРС і самостійно впливати на процеси регулювання та перетворення потоків електроенергії.

Після первинного аналізу в ПСЗІ подальше опрацювання інформації відбувається в ГОПС, де приймаються стратегічні вирішення про вибір схеми контролю об'єктів енергосистеми, формування пакета контрольованих параметрів електроенергії, масштаб вхідних сигналів, виконується аналіз і дослідження отриманої інформації на найвищому рівні та приймається комплекс необхідних заходів для поступового проведення якогось процесу регулювання, стабілізації чи дотримання норм параметрів сигналів мережі в енергосистемі. Для цього в ГОПС формуються сигнали керування виконавчими вузлами, котрі забезпечують потрібні комутації в енергосистемі, як для перенаправлення потоків енергії споживачам, так і для можливого дублювання певних захисних функцій в електричній мережі.

Функціонування ГОПС здебільшого забезпечується за допомогою принципів лінійного програмування, коли дія, пов'язана із певним процесом в електромережі, задається у вигляді лінійної цільової функції

$$F(x_1, \dots, x_m) = \sum_{i=1}^m c_i \cdot x_i,$$

де x_1, \dots, x_m – комплекс змінних, що всесторонньо характеризують процес, c_i – вагові коефіцієнти, що визначають внесок i -ї змінної у значення цієї цільової функції [4,5].

На цій основі доцільно використовувати не спеціалізоване програмне забезпечення виду пакетів мов високого рівня, а засоби прикладних програм, котрі були б максимально пристосовані для технологічного рівня контрольованих об'єктів енергосистеми та реалізовувалися б мінімальними заходами і з найменшою собівартістю.

Запропонована структура ІВС ЯФМ дає змогу завдяки зміні інтелектуальних співвідношень між її основними вузлами забезпечити такі додаткові функції:

- переключення схеми вимірювання в колах ПВП;
- підвищення точності вимірювання за рахунок оперативної зміни масштабу вхідних сигналів та застосування нових принципів калібрування в ПВП;

– статистичних досліджень коливань напруги і частоти в електромережі для складання графіків оптимального енергоспоживання;

– застосування ефективних способів контролю функціонування енергосистеми за допомогою встановлення послідовностей процедур контролю груп параметрів, зокрема показників якості електроенергії, оперативною і цілеспрямованою зміною алгоритмів вимірювання в ПВП;

– розширені можливості реалізації логічних функцій над значеннями параметрів і діями елементів ВРС та дублювання функцій апаратури релейного захисту;

– нові можливості регулювання і стабілізації показників якості електроенергії за рахунок збільшення інформативної бази даних та можливого покращання відповідних систем у структурі електричних мереж;

– забезпечення ефективних режимів роботи енергооб'єктів і контроль стану їх основних вузлів за допомогою уникнення екстремальних та аварійних режимів;

– формування бібліотеки осцилограм різних режимів функціонування основних вузлів енергосистеми, що дає змогу досліджувати, вивчати і аналізувати проходження реальних процесів обміну енергією між постачальними об'єктами і споживачами;

– нові можливості збереження накопиченої інформації за рахунок малого споживання та особливостей сучасних АЦПР;

– порівняно просте об'єднання основних вузлів ІВС ЯФМ в єдину інформаційну мережу;

– малі габарити і чудові сервісні можливості ІВС ЯФМ.

1. Ванько В.М., Чайковський О.І. Високоієрархічна ІВС контролю основних електричних характеристик енергооб'єктів // Тези доп. 5-ї Укр.н.-т. конф. "Устройства преобразования информации для контроля и управления в энергетике". Харків, 1996. С. 60 – 61. 2. Ванько В.М., Чайковський О.І. ІВС контролю електричних характеристик енергооб'єктів// Зб. доп. 2-ї Міжн.н.-практ. конф. "Управління енерговикористанням". Л. 1997. С. 117 – 118. 3. Ванько В.М., Чайковський О.І. Інформаційно-вимірювальна система діагностики статичних і динамічних характеристик якості електроенергії // Зб. праць 2-ї Укр.н.-техн. конф. "Автоматика-95". Л., 1995. С. 76 – 77. 4. Справочник проектировщика АСУ ТП / Под ред. Г.Л. Смилянського. М., 1983. – 527 с. 5. Системи управління гнбким автоматизированим производством / Под общ. ред. А.А. Краснопрошиной. К., 1987.